КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.01

Ю.М. ВЕРНИГОРОВ, И.Н. ЕГОРОВ, С.И. ЕГОРОВА

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СПЛАВА Nd-Fe-B В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

На основе анализа гранулометрического состава продуктов измельчения сплава Nd-Fe-B в мельнице ударного типа исследованы особенности технологического процесса разрушения сплава при различных параметрах электромагнитного поля. Найдены соотношения индукции постоянного и переменного полей, градиента индукции переменного поля, обеспечивающие эффективность разрушения и однородность по размеру продуктов измельчения.
Ключевые слова: *мельница ударного типа, механическое измельчение, электромагнитное воздействие.*

Введение. Механическое измельчение компактных материалов широко распространено в целом ряде производств. Для интенсификации процесса измельчения применяют различные внешние воздействия на обрабатываемый материал. В струйных мельницах измельчение материала обеспечивается за счет энергии, сообщаемой его частицам струями сжатого газа или перегретого пара, вводимыми в рабочую камеру из форсунок со звуковой и даже сверхзвуковой скоростью. Частицы измельчаемого материала испытывают многократные соударения при столкновении встречных потоков, приводящие к их интенсивному истиранию [1]. В струйно-вихревых устройствах [2] измельчение порошка происходит при организации струйного пристеночного течения, создаваемого сверхзвуковыми тангенциальными соплами подачи газового энергоносителя в помольную камеру. В процессе работы устройства частицы материала разгоняются до скоростей, обеспечивающих их эффективное измельчение за счет взаимодействия частиц со стенками камеры и между собой.

Эксперимент. Наиболее важной характеристикой продукта измельчения является однородность гранулометрического состава. Интенсивное перемешивание и удержание материала в зоне измельчения позволяет достигать высокой однородности гранулометрического состава. Одним из способов интенсификации перемешивания материала при помоле в мельнице ударного типа является воздействие на измельчаемый материал постоянным и переменным магнитными полями с взаимно перпендикулярными силовыми линиями [3]. В процессе измельчения сплав удерживался и перемешивался электромагнитным полем в зоне вращающихся с частотой 15000 об/мин бил. Параметры магнитных полей подбирались таким образом, чтобы обеспечить динамическую устойчивость магнитовибрирующего слоя [4].

Для исследований использовался сплав Nd-Fe-B следующего состава, % ат.: Nd – 12,3; Fe – 77,4; B – 6,2; Co – 5,1. Гистограмма исходного материала со средним размером частиц 71,5 мкм, дисперсией 71,5 мкм и медианой 44 мкм приведена на рис.1, а форма частиц – на рис.2.

 ISBN 5-7890-0368-0

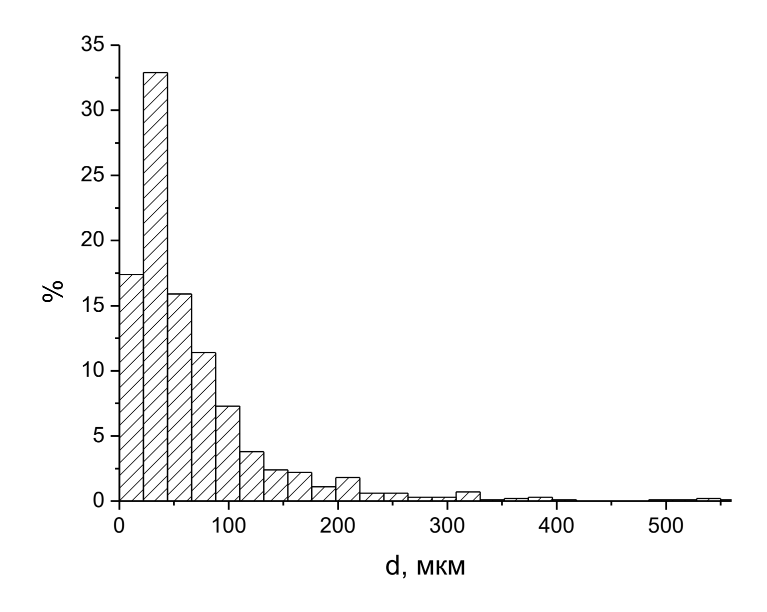


Рис.1. Гистограмма распределения частиц сплава Nd-Fe-B по размерам



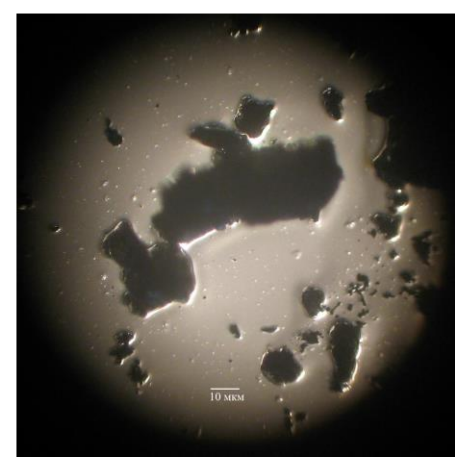


Рис.2. Форма частиц исходного сплава Nd-Fe-B

Оптимальные параметры электромагнитного воздействия на измельчаемый материал устанавливались с помощью спектрофотометра СФ-26-01 [5]. Меняя режим электромагнитного воздействия, измеряли оптическую плотность D магнитовибрирующего слоя (рис.3). Большее значение оптической плотности соответствовало увеличению числа частиц в единице объема магнитовибрирующего слоя, которое происходило в результате разрушения крупных частиц на более мелкие. На рис.3 видно, что с ростом градиента индукции переменного магнитного поля до 90,1 мТ/м степень разрушения частиц сплава Nd-Fe-B возрастает, а при дальнейшем увеличении стабилизируется и даже уменьшается на участке, соответству-

ющем индукции постоянного магнитного поля 1,5-3,5 мТ, что объясняется преимуществом процессов флокуляции.

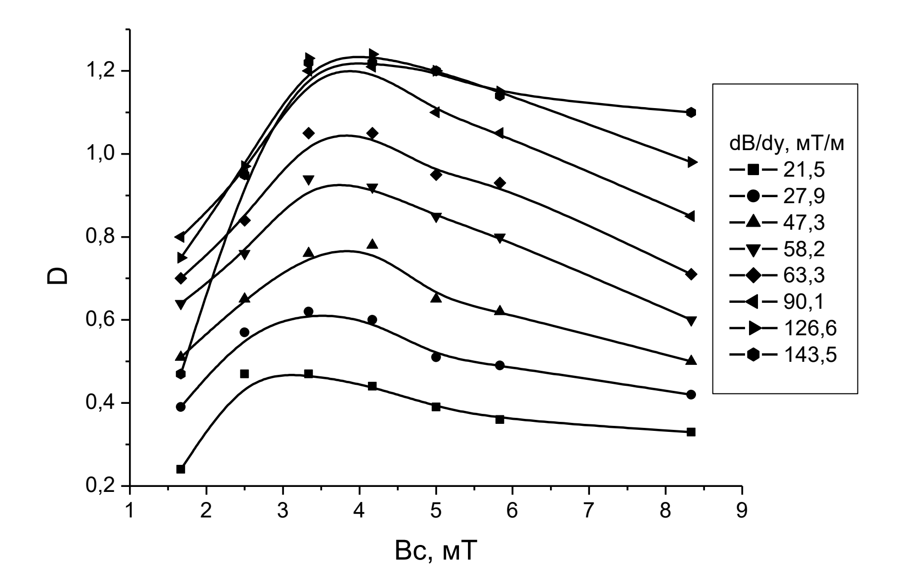


Рис.3. Зависимость оптической плотности D магнитовибрирующего слоя от индукции B_c постоянного и градиента индукции $\partial B / \partial y$ переменного магнитных полей

Исследование зависимости оптической плотности от градиента индукции переменного магнитного поля позволяет определить градиент, обеспечивающий наибольшую интенсивность движения частиц и максимальное разрушение. При таком режиме возрастает роль самоизмельчения порошка за счет увеличения числа столкновений частиц друг с другом.

Сплав измельчали в мельнице ударного типа в атмосфере аргона под давлением 0,15 МПа в переменном магнитном поле с градиентом индукции 90,1 мТ/м в течение 20 мин, при этом через определенные интервалы времени отбирали пробы для анализа гранулометрического состава. Для исследования зависимости дисперсного состава порошка от времени измельчения экспериментальные данные гранулометрического состава проб аппроксимировали функциями логарифмически нормального распределения (рис.4). На рисунке видно, что максимум функции распределения частиц порошка по размерам при увеличении времени измельчения смещается в сторону меньших размеров частиц и становится более узким, что соответствует более мелкому и более однородному фракционному составу порошка. Средний размер частиц за 5 мин измельчения в магнитовибрирующем слое уменьшается с 71,5 до 4,6 мкм, т.е. степень измельчения составляет 15,5 (рис.5).

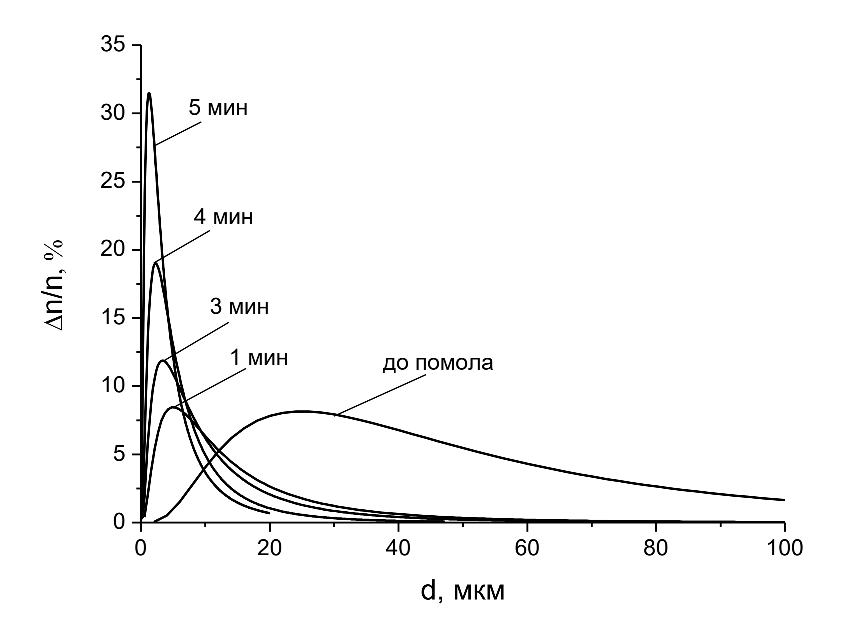


Рис.4. Зависимости относительного содержания фракций сплава $\Delta n / n$ от размера d фракции

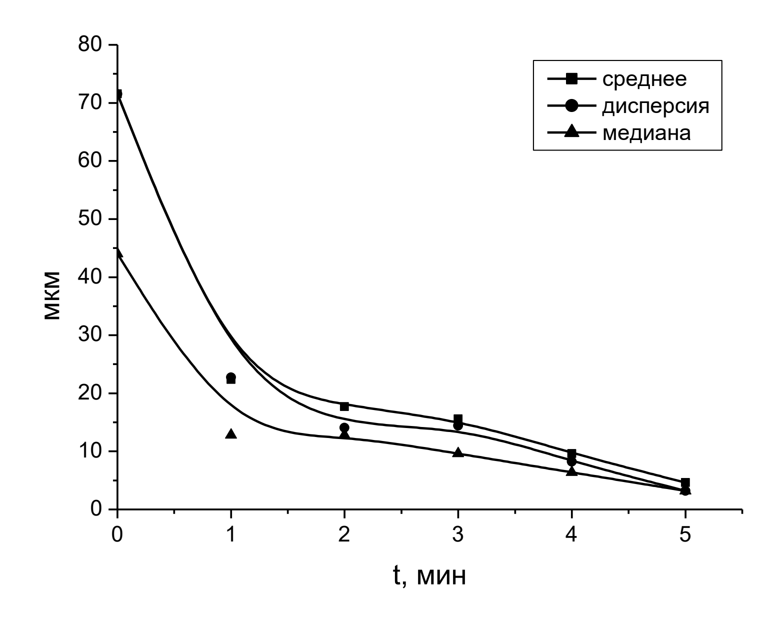


Рис.5. Зависимости среднего размера частиц продуктов измельчения, дисперсии и медианы от времени помола

Выводы. Оценку отклонения размеров частиц от средней величины в зависимости от времени измельчения проводили по следующим характеристикам распределения: медиана и выборочная дисперсия (см.рис.5). При измельчении в течение 5 мин значение медианы уменьшилось с 44 до 3,2 мкм, а дисперсии с 71,5 до 3,2 мкм. Статистические параметры гранулометрического состава продукта измельчения свидетельствуют о малом разбросе значений размеров частиц.

Библиографический список

1. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии: Производство металлических порошков. – Т. 1. М.: Изд-во МИСиС, 2001. – 367 с.

2. Либенсон Г. А. Основы порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 208 с.

3. Vernigorov Yu.M., Egorov I.N., Egorova S.I. The application of a magnetovibrating layer to the milling of ferromagnetic materials // Euro PM2005 Powder Metallurgy Congress and Exhibition: Proceedings, Vol. 1, 2-5 October. – Prague, Czech Republic, 2005.- P. 451-455.

4. Вернигоров Ю.М., Егоров И.Н., Егорова С. И., Биткина Н.С. Диагностика дисперсных магнитных материалов // Вестник ДГТУ. – 2002. –Т.2. – № 3 (13). – С. 287-297.

5. Вернигоров Ю.М., Егоров И.Н., Егорова С.И. Особенности флокуляции полидисперсных порошков магнитотвердых материалов // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион.. Техн. науки. – 2006. – № 2. – С. 64-68.

Материал поступил в редакцию 31.07.06.

YU.M. VERNIGOROV, I.N. EGOROV, S.I. EGOROVA

THE PECULIARITIES OF ND-FE-B BASED ALLOY CRUSHING IN ELECTROMAGNETIC FIELD

The analysis of Nd-Fe-B based alloy crushing products grain size distribution was used to investigate the peculiarities of alloy crushing process in the impact mill at various electromagnetic field parameters. The correlation of constant and variable magnetic field induction and variable magnetic field induction gradient, providing the effective crushing and homogeneity of crushing product sizes was obtained.

 ISBN 5-7890-0368-0

ВЕРНИГОРОВ Юрий Михайлович (р. 1941), доктор технических наук (1995), профессор кафедры физики ДГТУ. Окончил РГУ (1964) по специальности «Радиофизика».
Научные интересы: порошковая металлургия, взаимодействие дисперсных магнитных систем в электромагнитном поле.
Имеет более 100 научных публикаций.

ЕГОРОВ Иван Николаевич (р. 1982), аспирант кафедры физики ДГТУ.
Имеет 15 научных публикаций в области магнитовибрационной технологии.

ЕГОРОВА Светлана Ивановна, кандидат технических наук (1992), доцент кафедры физики ДГТУ. Окончила РГУ (1978) по специальности «Физика».
Область научных интересов: порошковая металлургия и исследование магнитных материалов.
Имеет более 50 научных публикаций.